

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 199 15 105.9

Anmeldetag: 01. April 1999

Anmelder/Inhaber: Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung eV, München/DE;
Philipp Walter Industrievertretungen, Leinfelden-
Echterdingen/DE.

Bezeichnung: Lenkvorrichtung für Fahrzeuge

IPC: B 62 D, G 01 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 10. November 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

Schmidt G.

Lenkvorrichtung für Fahrzeuge

Die Erfindung betrifft eine Lenkvorrichtung für Fahrzeuge, mit einer Lenkwelle, einem Sensor zum Feststellen der Lenkwellenbewegung und einer Schaltung zum Auswerten der Meßsignale des Sensors.

5

Lenkungen von Fahrzeugen können unterschiedlich realisiert werden. Besonders häufig wird eine Zahnstangenlenkung eingesetzt. Ein Fahrer übt dabei über ein Lenkrad ein Drehmoment auf eine Lenksäule aus. Eine direkte Kraftübertragung findet dann weiter über ein Ritzel, also ein Zahnrad, auf eine
10 Zahnstange statt. Die Längsbewegung dieser Zahnstange ist zugleich die Längsbewegung einer Lenkwelle, in oder an der diese Zahnstange eingebracht ist. Die Lenkwelle ihrerseits bewegt das Lenkgestänge mit den daran angeordneten, auf diese Weise gelenkten Fahrzeugrädern.

15

Um die direkte Kraftübertragung durch den Fahrer zu unterstützen, ist es bei hydraulischen Servolenkungen darüber hinaus bekannt, eine Druckkammer vorzusehen, in der ein Kolben läuft, der mit der Lenkwelle fest verbunden ist. Über die Steuerung des Druckes in der mit Hydrauliköl gefüllten Druckkammer kann der Kolben bewegt und auf diese Weise das Lenkgestänge unterstützend zu-
20 sätzlich zur Kraftübertragung durch den Fahrer bewegt werden. Alternativ kann der Antrieb des Ritzels auch durch einen Elektromotor unterstützt werden.

25

Um diese verschiedenen Formen der Unterstützung realisieren zu können, ist es natürlich wünschenswert, ein mit dem Zustand der Lenkung korrelierendes
25 Meßsignal zur Verfügung zu haben. Dieses Signal könnte dann für eine geeignete Steuerung zur Lenkungsunterstützung, zur Servolenkung und ähnlichen Zwecken übernehmen und auch selbstregelnde Systeme ermöglichen. Über die Steuerung der Servoeinrichtung hinaus wären auch unterstützende Maßnahmen zur Optimierung des Lenk- und Dämpfungsverhaltens von Kraftfahrzeugen oder
30 aber auch eine gleichzeitige Steuerung aller vier Räder und andere intelligente Lenksysteme zu berücksichtigen.

Es bestehen bereits verschiedene Vorschläge, ein mit dem Zustand der Lenkung korrelierendes Signal zu gewinnen.

5 So wird in der DE 40 29 764 A1 vorgeschlagen, zwischen Lenkrad und Vorderachse eine Längenmeßeinrichtung anzuordnen, die auf die Verschiebung der Zahnstange anspricht. Für diese Längenmeßeinrichtung werden induktive oder Ohmsche Einrichtungen vorgeschlagen. Aus der EP 0 410 583 B1 ist eine Konzeption mit zwei magnetoresistiven Sensoren bekannt. Hier wird die magnetische Kopplung bei einer Bewegung der Lenkwelle verändert und so
10 eine Positionsbestimmung ermöglicht. Allerdings muß dazu die Lenkwelle geometrisch verändert und auch zusätzlich mit einer Nut versehen werden, was neben Kosten auch zu einer gewissen Störanfälligkeit führt. Mit einem Magneten arbeitet auch die EP 0 376 456 B1. Der auf der Lenkwelle angeordnete Magnet wird von einer Induktionsspule umschlossen. Eine
15 Induktionsänderung kann einer Wegänderung zugeordnet werden.

Aus der DE 197 03 903 A1 und der DE 197 52 346 A1 sind Lenkwinkelsensoren bekannt, die mit Magnetfeldsensoren, sogenannten Hallsensoren, arbeiten.

20 Diese bekannten Vorschläge haben den Nachteil, daß die Messung jeweils nur eine eingeschränkte Genauigkeit erlaubt. Problematisch ist auch, daß es sich um Relativmessungen handelt, so daß sich Meßfehler über die Zeit aufsummieren. Für den Einsatz bei intelligenten Lenksystemen sind diese Vorschläge daher nicht praktikabel.

25

Aus der DE 37 03 591 C2 ist es bekannt, bei einer Zahnstangenlenkung am Ende der Lenksäule eine Messung des Drehwinkels dieser Lenksäule vorzunehmen, indem eine Induktionsspule oder eine Piezo-Kraftmeßzelle entsprechend beaufschlagt werden. Das Ende der Lenksäule trägt jedoch auch
30 die Kraftübertragung auf die Zahnstange und ist sowohl baulich beengt als auch für Messungen ungünstig, zumal hier viele Störungen auftreten können.

Aufgabe der Erfindung ist es demgegenüber, eine Lenkvorrichtung vorzuschlagen, bei der ein zum Zustand der Lenkung korrelierendes Signal abnehmbar ist, das besser für die Steuerung solcher intelligenten Lenksysteme geeignet ist.

- 5 Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß auf der Lenkwelle und/oder einer mit der Lenkwelle kraftschlüssig verbundenen Einrichtung kodierte Mikrostrukturen vorgesehen sind, daß ein Sensor vorgesehen ist, der die Mikrostrukturen detektiert und zugeordnete Meßsignale abgibt und daß eine elektronische Schaltung vorgesehen ist, welcher die Meßsignale des Sensors zugeführt werden und welche elektronische Signale zur Steuerung der Lenkung abgibt.
- 10

Mit dieser Erfindung wird eine Lenkvorrichtung für Fahrzeuge vorgeschlagen, die eine absolute Positionsmessung erlaubt. Die Nachteile aus dem Stand der Technik sind nicht mehr vorhanden. Die erfindungsgemäße Lenkvorrichtung ist

15 genauer und liefert reproduzierbare Meßsignale. Eine Regelung und/oder Steuerung der Bewegung der Lenkwelle wird möglich, insbesondere für intelligente Lenksysteme.

Es entsteht so eine Kombination moderner Oberflächentechniken mit

20 mikrostrukturgebenden Verfahren einerseits und einem hochauflösenden Sensor, also einem Detektionssystem, mit einer entsprechenden elektronischen Schaltung andererseits. Unter Mikrostrukturen werden hierbei Strukturen mit Abmessungen im Mikrometerbereich verstanden.

25 Unter "detektieren" werden insbesondere Verfahren verstanden, bei denen ein berührungsloses Erkennen erfolgt, bevorzugt optisch oder magnetisch. Aber auch andere Detektionsmöglichkeiten kommen in Betracht, die auslesen, abtasten, fühlen oder sonst erkennen.

30 Die Erfindung ermöglicht eine schnelle, hochauflösende und zuverlässige Absolutbestimmung der Position der Lenkwelle, und zwar mit einer Auflösung im unteren Mikrometerbereich. Eine Verfälschung oder Störung durch

elektromagnetische Felder oder im Bereich der Lenkung findet nicht statt bzw. ist unerheblich.

Insbesondere bei modernen, sogenannten intelligenten Lenksystemen kann die
5 Erfindung erfolgreich eingesetzt werden.

Es ist möglich, die Lenkwelle selbst mit den Mikrostrukturen auszurüsten. Nachteilig dabei wäre das schwierige Handhaben der gesamten Lenkwelle während des Ausrüstens. Um dies zu umgehen, könnten auswechselbare,
10 kleinere, mit der Lenkwelle kraftschlüssig verbindbare Elemente, beispielsweise in Stabform, entsprechend ausgerüstet und dann eingesetzt werden.

Die Mikrostrukturen sind dabei vorteilhaft so gestaltet, daß sie eine geeignete Kodierung enthalten, die es gestattet, die Position der Lenkwelle absolut zu be-
15 stimmen.

Die Detektion der Mikrostrukturen erfolgt vorzugsweise mit Hilfe optischer Ab-
tastverfahren, insbesondere unter Verwendung von Elementen der
Mikrosystemtechnik. Unter Mikrosystemtechnik versteht man die Bereiche der
20 Mikrostrukturtechnik, der Mikrooptik und der Faseroptik. Mikrolinsen mit Durchmessern bis hinab zu ca. 10 µm und Brennweiten in der gleichen Größenordnung sind einsetzbar. Bei Einsatz von Glas- oder anderen Fasern und sehr kleinen Durchmessern können die Mikrolinsen direkt auf der Faserstirnfläche fixiert werden. Das Gesamtsystem kann Y-Verzweigungen
25 aufweisen und ist mit einzelnen Modulen zu einem kompakten Mikrosystem integriert. Die Module können gegebenenfalls – etwa um optoelektronische Komponenten sowie die Auswerteelektronik optimal in Bereichen niedriger Temperatur betreiben zu können – über die optischen Fasern räumlich abgesetzt werden.

30

Vorteilhafterweise werden tribologisch geeignete Schichtsysteme auf die Lenkwelle oder einer damit spielfrei verbundenen linearen Vorrichtung, als Einrichtung oder Meßeinrichtung bezeichnet, aufgebracht. Dies kann mittels auf an-

deren technischen Gebieten bewährten Dünnschichtverfahren erfolgen. Mittels hochauflösender Strukturierungs- und Ätzverfahren werden spezielle Mikrostrukturen erzeugt. Die Mikrostrukturen sind so beschaffen, daß diese mit den Sensoren auch ausgelesen werden können.

5

Beispielsweise wird der optische Kontrast, also der Unterschied der Reflektivität, der Mikrostrukturen zur darunterliegenden Oberfläche der Lenkwelle so modifiziert, daß eine optische Erkennung der Muster mit Hilfe von miniaturisierten faseroptischen Systemen erfolgen kann.

10

Anstelle von oder zusätzlich zu optischen Sensoren oder optisch detektierbaren Mikrostrukturen können auch andere physikalische Methoden eingesetzt werden. So können die Mikrostrukturen auch in magnetischen Schichten gebildet werden, beispielsweise CoSm oder NdFeB. Als Sensoren könnten dann insbesondere Magnetsensoren eingesetzt werden, die sonst in der Datenspeichertechnik Verwendung finden.

15

20

Die Herstellung der Mikrostrukturen auf der Lenkwelle bzw. auf der mit der Lenkwelle kraftschlüssig verbundenen Einrichtung erfolgt in Form von inkrementellen Markierungen. Dabei werden bevorzugt tribologisch optimierte Schichtsysteme unter Einsatz hochauflösender, für dreidimensionale Anwendungen geeigneter lithographischer oder lasertechnischer Methoden bevorzugt. Als lithographische Verfahren kommen dabei fotolithographische, elektronenlithographische, röntgenlithographische und/oder ionenlithographische Verfahren in Betracht.

25

Multilagen- oder Compositstrukturen können ebenfalls eingesetzt werden.

30

Die Muster werden bevorzugt in Mikrometerdimensionen realisiert. Die Schichtsysteme gestatten in Verbindung mit einem geeigneten sensorischen Erkennungssystem eine absolute Bestimmung der aktuellen Position, und zwar mit einer Genauigkeit von wenigen Mikrometern.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden zwei zueinander komplementäre und parallel verlaufende Muster mit einer geeigneten Kodierung, z. B. einer Bit-Kodierung, vorgesehen. Die Markierungsstruktur besteht in einer Ausführungsform aus optisch über die Reflexion unterscheidbaren Streifen, wobei die Streifenmuster binäre L/O-Kodierungen enthalten.

Dadurch kann das in das Lenkgetriebe komplett integrierbare Wegmeßsystem aufgrund der Bit- Kodierung in jeder Betriebsphase die aktuelle absolute Position der Lenkung erkennen.

Verschiedene Muster sind denkbar. So lassen sich z. B. ein dual-Code, ein Gray- Code oder auch Stufenkodes einsetzen, die als solche aus einschlägigen mathematischen Verfahren bekannt sind.

Zur Abtastung der Markierungen und der Mikrostrukturen werden insbesondere bevorzugt optische Sensoren, insbesondere faseroptische Doppelsensoren, eingesetzt. Auch Mehrfachsensoren, besonders in Arrayform, sind möglich.

Die Mikrostrukturen werden in einem bevorzugt eingesetzten Verfahren unter Anwendung von Dünnschichttechniken erzeugt. Als Dünnschichttechniken werden vorteilhafterweise PVD (Physical Vapor Deposition)- und/oder CVD (Chemical Vapor Deposition)-Techniken eingesetzt. Die Strukturierung erfolgt dabei wie erwähnt mit lithographischen Techniken.

Die Mikrostrukturen können auch durch Trockenätzverfahren und/oder naß-chemische Ätzverfahren hergestellt werden.

Alternativ ist eine Herstellung mit Laserstrahltechniken, beispielsweise direkt schreibenden Laserablationsverfahren und/oder laserlithographischen Verfahren und/oder direkt wirkenden, maskenbezogenen Laserstrukturierungsverfahren möglich.

- Die Mikrostrukturen werden bevorzugt aus tribologischen Hartstoffschichtsystemen aufgebaut. Dabei kommen Einzelschichten oder Multilagenschichten in Betracht. Diese bestehen bevorzugt aus Titannitrid (TiN) und/oder Titanaluminiumnitrid (TiAlN) und/oder Titankarbonitrid (TiCN)-Schichten
- 5 und/oder Aluminiumoxydschichten und/oder amorphen diamantartigen Kohlenwasserstoffschichten mit oder ohne Metalldotierung und/oder amorphe diamantartige Kohlenstoffschichten mit oder ohne Metalldotierung und/oder amorphen CN-Schichten und/oder kubische Bornitridschichten und/oder Diamantschichten.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigen:

- 5 **Figur 1** einen schematischen Schnitt durch wesentliche Elemente einer erfindungsgemäßen Ausführungsform einer Lenkvorrichtung;
- Figur 2** eine alternative Ausführungsform zu Figur 1;
- 10 **Figur 3** eine schematische Darstellung eines mikrosystemtechnischen Sensorsystems für eine erfindungsgemäße Ausführungsform der Lenkvorrichtung;
- Figur 4** eine detaillierte Darstellung eines Elementes aus Figur 3;
- 15 **Figur 5** eine detaillierte Darstellung einer alternativen Ausführungsform dieses Elementes aus Figur 3;
- Figur 6** eine detaillierte Darstellung eines anderen Elementes aus Figur 3;
- 20 **Figur 7** eine beispielhafte Darstellung einer Mikrostruktur;
- Figur 8** eine alternative Ausführungsform von Figur 7;
- 25 **Figur 9** eine weitere alternative Ausführungsform von Figur 7;
- Figur 10** ein schematischer Schnitt durch eine Mikrostruktur;
- 30 **Figur 11** die Ausführungsform aus Figur 10 nach einem möglichen Weiterbearbeitungsschnitt;
- Figur 12** ein schematischer Schnitt durch eine andere Ausführungsform ähnlich Figur 10;

Figur 13 ein schematischer Schnitt durch eine dritte Ausführungsform ähnlich
Figur 10; und

Figur 14 die Ausführungsform aus Figur 13 nach einem möglichen
5 Weiterbearbeitungsschnitt.

Die in **Figur 1** dargestellte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Lenkvor-
richtung besitzt einen Montageblock 10, in deren Inneren sich eine Druck-
kammer 11 befindet, die weitgehend mit Hydrauliköl 12 angefüllt ist. Das Hy-
10 drauliköl 12 steht unter einem Druck p . Der Montageblock 10 ist hier rein sche-
matisch dargestellt; er nimmt hier eine im wesentlichen zylinderförmige Aus-
bildung an, wobei sich wesentliche Teile des Montageblocks 10 noch nach
rechts aus der Figur 1 hinaus erstrecken.

15 Etwa längs der Zylinderachse des Montageblocks 10 verläuft die Lenkwelle 20.
Die Lenkwelle 20 erstreckt sich also durch die Druckkammer 11 mit dem Hy-
drauliköl 12. Die Lenkwelle 20 ist mit einer Zahnstange 21 versehen, die hier in
Figur 1 durch entsprechende Zahnmarkierungen angedeutet ist. Die Zahn-
stange 21 wird durch ein Ritzel 22 angetrieben. Dieses Ritzel steht mit der Len-
20 kung eines nicht dargestellten Fahrzeugs in Verbindung. Wird das Lenkrad bei-
spielsweise eines Personenkraftfahrzeugs gedreht, überträgt sich das
entsprechende Drehmoment über das Ritzel 22 auf die Zahnstange 21 und
verschiebt mit ihr die gesamte Lenkwelle 20 längs der Achse durch den
Montageblock 10.

25 Auf der Lenkwelle 20 sitzt außerdem in kraftschlüssiger Verbindung ein Kolben
23. Dieser Kolben 23 ist innerhalb der Druckkammer 11 und damit innerhalb des
Hydrauliköls 12 angeordnet, während das Ritzel 22 und die Zahnstange 21 sich
außerhalb der Druckkammer 11 befinden.

30 Die Lenkwelle 20 tritt also an zwei Stellen durch die Wandung der Druck-
kammer 11 hindurch. Beide Stellen sind mittels Dichtungen 24 abgedichtet, be-
vorzugt mittels Vitondichtungen. Der Kolben 23 bewegt sich aufgrund seiner

kraftschlüssigen Verbindung mit der Lenkwelle 20 auch längs mit dieser. Er füllt den gesamten Querschnitt der Druckkammer 11 aus. Infolgedessen kann auch durch Druckveränderungen des Hydrauliköls 12 der Kolben 23 und damit die Lenkwelle 20 bewegt werden. Dieses ist auch ein übliches Verfahren, um die

5 vom Benutzer des Fahrzeugs über das Ritzel 22 ausgeübten Kräfte zu verstärken.

Geeignete Durchmesser von Lenkwellen 20 liegen bei etwa 20 bis 40 mm, geeignete Durchmesser von Druckkammern 11 bei etwa 40 bis 70 mm, Lenkwellen 20 haben beispielsweise Längen von größenordnungsmäßig 800 mm, die Länge der Druckkammer 11 kann zum Beispiel 200 bis 400 mm betragen.

10

Natürlich sind gegebenenfalls ganz andere Größenabmessungen geeignet, je nach den Anforderungen der Lenkvorrichtung.

15 In dem Montageblock 10 ist außerhalb der Druckkammer 11 noch eine Montagebohrung 13 eingelassen. Diese Montagebohrung 13 ragt von der Außenwandung des Montageblocks 10 bis zu der Durchbohrung, in der sich die Lenkwelle 20 befindet. In dieser Montagebohrung 13 befindet sich ein Sensor 35.

20 Dieser Sensor 35 kann beispielsweise in den Enden einer Glasfasersensorik bestehen.

Gerade in diesem Bereich ist die Lenkwelle 20 auf ihrer Außenseite mit einer Markierung 30 versehen. Die Markierung 30 besteht aus Mikrostrukturen 31, die

25 auf der Oberseite der Lenkwelle 20 angeordnet sind. Diese Mikrostrukturen 31 sind in Achsrichtung der Lenkwelle 20 so kodiert, daß bei einer Längsbewegung der Lenkwelle 20 relativ zum Montageblock 10 jeweils andere Bitmuster unter dem Sensor 35 vorbeilaufen. Die Signale des Sensors 35 werden zu einer elektronischen Schaltung 40 geführt (in Figur 1 nicht dargestellt). Die elektronische

30 Schaltung 40 kann dann aus den Ablesewerten des Sensors 35 eine entsprechende Absolutwertbestimmung der Lage der Lenkwelle 20 im Verhältnis zum Montageblock 10 abgeben.

Außer der Längsbewegung der Lenkwelle 20 sind für die Lenkung weitere Bewegungen der Lenkwelle nicht interessant. Daher ist in der Figur 1 auch nichts über etwaige Rotationen der Lenkwelle 20 dargestellt. Hier sind alle Varianten denkbar, die ein entsprechendes Laufen des Ritzels 22 auf der Zahnstange 21 gewährleisten.

In **Figur 2** ist eine andere alternative Ausführungsform mit einer ähnlichen Darstellung wie in Figur 1 gezeigt.

10 Auch hier ist der Montageblock 10 mit der Druckkammer 11 und dem Hydrauliköl 12 zu erkennen. Durch den Montageblock 10 und die Druckkammer 11 läuft wiederum die Lenkwelle 20 mit der Zahnstange 21. Das Ritzel 22 treibt auch hier die Zahnstange 21 an. Auf der Lenkwelle 20 sitzt außerdem ein Kolben 23, der innerhalb der Druckkammer 11 laufen kann.

15 Im Unterschied zu Figur 1 ist hier nicht nur eine Montagebohrung 13, sondern noch eine weitere Montagebohrung 14 außerhalb der Druckkammer 11 vorgesehen.

20 Dieser Unterschied ermöglicht auch das Anordnen von zwei Sensoren 35 und 36. Dadurch wird das Auslesen von redundanten oder komplementären oder auch in anderer Form doppelt kodierten Mikrostrukturen 31 der Markierung 30 möglich. Die Sensoren 35 und 36 sind bevorzugt faseroptische Reflektionssensoren. Die Lichtquelle der Reflektionssensoren wird durch lichtemittierende
25 Dioden (LED) gebildet, wobei spektral eine Anpassung der LED's an das verwendete Hydrauliköl 12 in der Druckkammer 11 erfolgt. Als Hydrauliköl 12 kann bevorzugt Pentosin verwendet werden.

30 Der Druck p des Hydrauliköls 12 in der Druckkammer 11 wird über Ventile in einem Ventilsteuergehäuse geregelt (nicht dargestellt).

Die Lenkwelle 20 ist an ihren Durchtrittsöffnungen in die Druckkammer 11 und aus der Druckkammer 11 heraus durch Dichtungen 24 abgedichtet, die insbe-

- sondere Vitondichtungen sind. Die Lenkwelle 20 hat eine Mittenposition, die dem Lenkwinkel 0° entspricht. Dies ist in der Figur 2 als Mittenposition X_0 angedeutet. Nach rechts bzw. nach links findet dann die Bewegung in Richtung der Lenkwellenposition $+X$ (rechts) bzw. in Richtung $-X$ (links) statt. Diese jeweiligen
- 5 Endpositionen entsprechen einem Linearhub, der typisch bei ± 75 mm liegen kann. Je nach Fahrzeugtyp ergeben sich daraus unterschiedliche Anschlagwinkel der Lenkung. In Einzelfällen kann je nach Fahrzeugtyp dieser Linearhub auch kleiner sein, beispielsweise ± 50 mm betragen.
- 10 Die beiden Montagebohrungen 13 und 14 sind hier außerhalb der Druckkammer 11 angeordnet, so daß auch die beiden Einzelsensoren 35 und 36 außerhalb angeordnet sind. Es ist auch möglich, hier ein integriertes Sensorpaar vorzusehen.
- 15 In einer anderen Ausführungsform können der oder die Sensoren 35 und 36 auch innerhalb der Druckkammer 11 positioniert werden. Der Sensor kann beispielsweise dann einen Abstand von der Lenkwelle 20 aufweisen, als optischer Sensor also durch das Hydrauliköl 12 die Daten der Lenkwelle 20 erfassen.
- 20 Dadurch wird es ihm möglich, zusätzlich zum Ablesen der Mikrostrukturen 31 der Markierung 30 auf der Lenkwelle 20 eine Aussage über die Trübung des Hydrauliköls 12 in der Druckkammer 11 zu liefern. Diese Aussage kann als Kriterium für das Auswechseln des Hydrauliköls 12 eingesetzt werden. Je nach Trübung und spektraler Absorption des Hydrauliköls 12 wird eine geeignete
- 25 Sendewellenlänge für den optischen Sensor 35 ausgewählt. Ein solches System funktioniert auch bei Verschmutzung durch Abriebpartikel oder einem Ölfilm und besitzt vorzugsweise aus Sicherheitsgründen entsprechende Redundanz, Fehlertoleranz und Azimuttoleranz.
- 30 Die Sensoren können faseroptische Sensoren mit zwei Einzelfasern sein, wie dies in der Figur 2 angedeutet ist, diese können (nicht dargestellt) parallel der gegeneinander geneigt sein, um ankommendes und reflektiertes Licht aufzu-

nehmen. Denkbar ist es aber auch, faseroptische Reflektionssensoren in Y-Struktur einzusetzen oder aber auch Anordnungen mit Faserzeilen oder Faserbündeln zu berücksichtigen.

- 5 Der bzw. die Sensoren 35 und 36 oder auch ein Sensorsystem 37 (siehe für ein solches System Figur 3) werden dabei als Sender bzw. als Empfänger eingesetzt und können mit insbesondere temperaturfester Aufbau- und Verbindungstechnik direkt an die Faser angekoppelt sein. Alternativ können sie auch über eine Zuleitungsfaser angeordnet werden, die sich in einem Bereich mit
- 10 niedrigerer Temperatur befindet. In einer weiteren Ausführungsform wird das Sensormodul zur einfacheren Montage als ein kompaktes, miniaturisiertes (mikrotechnisches) Modul konfektioniert und im System montiert.

- 15 In einer anderen, nicht dargestellten Ausführungsform wird zur Erhöhung der Zuverlässigkeit bzw. der Störsicherheit noch zusätzlich vorgesehen, daß zwei Sensoren 35 azimuthal nebeneinander plaziert werden. Diese beiden Sensoren tasten dann zwei zueinander komplementäre Bitmuster ab, die beide jeweils als dünnfilntechnisch aufgebrachte, parallel angeordnete Einzel-Markierungen 30 mit entsprechenden Mikrostrukturen 31 realisiert sind.

- 20 In **Figur 3** ist eine schematische Darstellung einer Ausführungsform einer Markierung 30 mit Mikrostrukturen 31 dargestellt. Die Lenkwelle 20 ist hier rein schematisch als Ausschnitt wiedergegeben; sie erstreckt sich parallel zur ange deuteten x-Richtung.

- 25 Zu erkennen ist ferner ein Sensorsystem mit einem Array aus faseroptischen Y-Verzweigungen 38. Das Sensorsystem 37 besitzt ein Modul A zur Erzeugung und Einkopplung des Lichts 51 in die Eingangs- oder Einkoppelfasern 39 des faseroptischen Y-Verzweigers 38.

- 30 Vorgesehen ist auch ein Modul B mit in y-Richtung angeordnetem Array aus Lin sen 52, insbesondere Mikrolinsen, zur Erzeugung paralleler Ausgangs-Lichtbündel. Die Ausgangs-Lichtbündel 53 fallen auf die Mikrostrukturen 31 der Mar-

kierung 30 auf der Lenkwelle 20. Diese Mikrostrukturen 31 bilden eine Folge von Sequenzen. Es findet eine positionsspezifische selektive Retroreflektion statt.

5 Das retroflektierende Licht gelangt wieder durch die Linsen 52 in die Fasern des Moduls B und von dort zu einem Modul C zur Auskopplung und Detektion des retroflektierten und den faseroptischen Y-Verzweiger 38 verlassenden Lichts 55.

In der Figur 3 ist außerdem

- 10 $\pm x$ die axiale Richtung, also die Bewegungsrichtung der Lenkwelle;
 $\pm y$ die azimuthale Richtung, also die Richtung, in der das positionsspezifische Bitmuster angeordnet ist; und
15 z die Einbaurichtung des Sensorsystems.

Die Koordinaten x und z sind zueinander orthogonal; die Koordinate z weist in Richtung der zu x und z orthogonalen Tangente an die Oberfläche der Lenkwelle 20.

20

Figur 4 zeigt ein Detail aus Figur 3, nämlich eine erste Version eines Sende- und Einkoppelmoduls A mit Einzelquelle 51, Einzellinse 52 und Faserbündel aus Einkoppelfasern 39 des Y-Verzweigers 38.

25 **Figur 5** zeigt als Alternative zu Figur 4 eine andere Version eines Sende- und Einkoppelmoduls A mit einem Array aus Linsen 52. Die Fasern werden gebündelt und anschließend als Einkoppelfasern 39 des Y-Verzweigers 38 wieder vereinzelt.

30 **Figur 6** zeigt ein anderes Detail aus Figur 3, nämlich eine Ausführungsform eines Auskoppel-, Empfangs- und Auswertemoduls C mit streckenweise gebündelten Auskoppelfasern 54, einem Array aus Linsen 52, Detektorzeile 56, der

elektronischen Schaltung 40 mit der Auswerteelektronik und Ausgangssignal 60 mit der "Position der Lenkwelle".

Figur 7 zeigt eine 8 Bit Kodierung in radialer Richtung und periodische Weg-
5 meßmarken in axialer Richtung.

Figur 8 zeigt ein Anordnungsbeispiel von Blöcken mit individuellen Kodierungen.

10 **Figur 9** zeigt ein Anordnungsbeispiel von unterschiedlichen Struktursequenzen und einer Leitstruktur mit periodischer Teilung zur Spurfinding bei azimuthaler Verschiebung.

15 In den **Figuren 10 bis 14** sind Ausführungsbeispiele für mögliche Herstellungsverfahren der Mikrostrukturen 31 dargestellt. Auf einem Grundkörper 81, der auch die Lenkwelle 20 oder eine andere kraftschlüssig mit der Lenkwelle 20 gekoppelte Vorrichtung sein kann, wird ein kodiertes Muster erzeugt. Für eine Variante, bei der die Detektionsmittel optischer Austastung der Muster erfolgen soll, wird der Grundkörper 81 mit einem fokussierten Laserstrahl
20 an der Oberfläche so behandelt, daß an der Einwirkungsstelle laserablativ Prozesse zu Abtragungen und damit zu bleibenden Markierungen führen (vgl. Figur 10).

25 Vorzugsweise werden wegen der hohen Auflösung hierfür Eximerlaser verwandt. Das so erzeugte Muster kann anschließend mit einer reibungs- und verschleißmindernden Schicht bedeckt werden. Dies ist in Figur 11 gezeigt. Als derartige Deckschicht eignet sich im Bereich der Lenkwelle so hervorragend eine metallocdotierte amorphe Kohlenwasserstoffschicht, die in einer Dicke zwischen 0,5 µm und 5 µm mittels bekannter plasmaunterstützter PACVD-
30 Verfahren (Magnetronsputterverfahren mit Substratbias und einem Kohlenwasserstoffgas, vorzugsweise C₂H₂) aufgetragen wird. Als Dotierungsmetall wird bevorzugt für diese Anwendung Titan oder Wolfram

verwandt. Die metallocierte amorphe Kohlenwasserstoffschicht wird z.B. unter Verwendung einer Großraum-Sputteranlage der Firma Leybold vom Typ Tritec 1000 hergestellt, wobei zwei Wolfram-Targets installiert werden. Die Anlage besitzt einen Rotationshalter, der je nach Ausstattung bis zu 20 Lenkwellen aufnehmen
5 kann. Nach dem üblichen Pumpvorgang, der die Kammer auf ca. 10^{-5} hPa abpumpt, wird Argon bis zu einem Druck von 3×10^{-3} hPa eingelassen und die Substrate bei 100 bis 300 V Biaspotential durch Ionenbeschuss an der Oberfläche gereinigt. Dabei werden die Targets bei ca. 6 KW vorgesputtert. Ohne Unterbrechung des Plasmas wird durch Öffnen der Targetabdeckungen
10 und unter sukzessiver Zugabe von C_2H_2 zum Prozeß eine gradierte Schicht aus wolframbdotiertem Kohlenwasserstoff gebildet. Der C_2H_2 -Gasfluß wird nach einigen Minuten so justiert, daß das Verhältnis von Wolfram zu Kohlenstoff in der Schicht 5 bis 10 at % entspricht. Während der Herstellung der metallocierten amorphen Kohlenwasserstoffschicht werden die Substrate mit
15 einem Biaspotential zwischen 100 und 300 V, vorzugsweise 200 V angekoppelt. Unter diesen Bedingungen wird in 0,5 Stunde eine Schichtdicke von 1 μm aufgebracht.

In den Figuren 12 bis 14 sind weitere Lösungswege gezeigt, die die Anwendung
20 einer strukturierten Schicht beschreiben. Dabei kann die Schichtstruktur für unterschiedliche Sensorprinzipien dienen. Bei optischer Detektion besitzen die Schichtstrukturen beispielsweise einen geeigneten Kontrast (Flächen oder Kantenkontrast) zu der umgebenden Oberfläche. Die Schichtstruktur kann jedoch auch aus einem magnetischen Material erzeugt werden und mit Hilfe
25 eines magnetischen Sensors oder einer magnetischen Sensormatrix ausgelesen werden. In diesem Fall wird eine magnetische Schicht, vorzugsweise aus CoSm oder FeSi oder NdFeB mit und ohne Zusatzstoffe verwandt.

30 Die Lenkwelle 20 bzw. der Grundkörper 81 wird in einem Vakuumprozeß mit in diesem Fall zwei Schichten 83, 84 beschichtet, wobei die untere Schicht 23 bzw. eine metallocierte amorphe Kohlenwasserstoffschicht ist, auf die eine TiN-Schicht abgeschieden wird. Die Dicke der oberen Schicht 84 beträgt ca. 0,5 μm .

Bevorzugterweise wird TiN in Kombination mit einer Ti-dotierten Kohlenwasserstoffschicht verwandt. Dabei wird das Ethin lediglich durch Stickstoff ausgetauscht, wiederum ohne Unterbrechung des Plasmas. Die Strukturierung der Schicht 84 erfolgt fotolithographisch, indem die beschichtete
5 Lenkwelle 20 mit einem Fotolack beschichtet wird. Die Dicke beträgt ca. 2,5 µm. Die Muster werden dann mittels einer Maske großflächig auf der Lenkwelle erzeugt.

10 Nach der Resistentwicklung wird die TiN-Schicht 84 naßchemisch unter Anwendung bekannter Ätzmittel dort entfernt, wo sich keine Fotoresistmuster befinden.

Die Muster können auch versenkt, d.h. planarisiert hergestellt werden, wie Figur 13 zeigt. In diesem Fall wird die Lenkwelle 20 mit z.B. einer W-dotierten
15 amorphen Kohlenwasserstoffschicht 85 beschichtet und anschließend eine Fotoresistmuster darauf erzeugt. Mit Hilfe der Fotoresistmaskierung wird dann in einem reaktiv geführten Plasmaätzprozeß (Ätzgase Ar/SF₆) eine Vertiefung von 0,2-1,0 µm in die W-dotierte amorphe Kohlenwasserstoffschicht geätzt. Unter
20 Beibehaltung der Fotoresistmaske wird dann die Vertiefung durch Sputter von z.B. TiN wieder aufgefüllt. Die Oberfläche ist dadurch auch mikroskopisch glatt.

Eine weitere Ausführung ist in Figur 14 enthalten, wo eine tribologisch optimierte Schicht 85 für den vorbeschriebenen Unterbau aufgebracht wird. In diesem Fall
25 können für die Mustererzeugung auch Schichtmaterialien verwandt werden, die nicht unbedingt gute tribologische Eigenschaften besitzen.

Bezugszeichenliste

| | | |
|----|----|-------------------------|
| | 10 | Montageblock |
| 5 | 11 | Druckkammer |
| | 12 | Hydrauliköl |
| | 13 | Montagebohrung |
| | 14 | Montagebohrung |
| 10 | 20 | Lenkwelle |
| | 21 | Zahnstange |
| | 22 | Ritzel |
| | 23 | Kolben |
| | 24 | Dichtung |
| 15 | | |
| | 30 | Markierung |
| | 31 | Mikrostrukturen |
| | 35 | Sensor |
| | 36 | Sensor |
| 20 | 37 | Sensorsystem |
| | 38 | 38 Y-Verzweiger |
| | 39 | Einkoppelfaser |
| | 40 | elektronische Schaltung |
| 25 | | |
| | 51 | Quelle |
| | 52 | Linse |
| | 53 | Ausgangs-Lichtbündel |
| | 54 | Auskoppelfasern |
| 30 | 55 | Licht |
| | 56 | Detektorzeile |
| | 60 | Ausgangssignal |

| | | |
|----|-------|--------------------------------|
| | 81 | Grundkörper |
| | 82 | Schicht |
| | 83 | Schicht |
| 5 | 84 | Schicht |
| | 85 | Schicht |
| | 86 | Schicht |
| | A | Modul |
| 10 | B | Modul |
| | C | Modul |
| | p | Druck |
| | X_0 | Mittenposition |
| 15 | +X | Lenkwellenposition nach rechts |
| | -X | Lenkwellenposition nach links |
| | y | azimutale Richtung |
| | z | Einbaurichtung des Sensors |

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.
5095 E/ju/na/my
01.04.1999 - Ansprüche -



1

Patentansprüche

1. Lenkvorrichtung für Fahrzeuge, mit einer Lenkwelle (20), einem Sensor (35)
zum Feststellen der Lenkwellenbewegung und einer Schaltung (40) zur
Auswertung der Meßsignale des Sensors (35),
dadurch gekennzeichnet,
daß auf der Lenkwelle (20) und/oder einer mit der Lenkwelle kraftschlüssig
verbundenen Einrichtung kodierte Mikrostrukturen (31) vorgesehen sind,
daß ein Sensor (35) vorgesehen ist, der die Mikrostrukturen (31) detektiert
und zugeordnete Meßsignale abgibt und
daß eine elektronische Schaltung (40) vorgesehen ist, welcher die Meß-
signale des Sensors (35) zugeführt werden und welche elektronische
Signale zur Steuerung abgibt.
2. Lenkvorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Mikrostrukturen (31) eine Folge von Sequenzen bilden, die in axialer
Richtung auf der Lenkwelle (20) und/oder der kraftschlüssig damit verbun-
denen Einrichtung angeordnet sind.
3. Lenkvorrichtung nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß jede Sequenz aus Mehrfachstrukturen und/oder Einzelstrukturen be-
steht, die räumlich in azimutaler und/oder axialer Richtung angeordnet sind
und die eine individuelle oder blockweise Kodierung enthalten.
4. Lenkvorrichtung nach Anspruch 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Sequenzen eine Bitkodierung enthalten.
5. Lenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß mehrere Sequenzen zu einem Block zusammengefaßt werden, wobei
die Blöcke durch eine Kodierung voneinander unterscheidbar sind.

6. Lenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
5 **daß** die in axialer Richtung angeordneten Sequenzen mehrfach parallel über den Umfang der Lenkwelle (20) und/oder der Einrichtung versetzt in redundanter Ausführung vorhanden sind.
7. Lenkvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
10 **daß** die Mikrostrukturen (31) komplementär ausgeführt sind.
8. Lenkvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
15 **daß** die kleinsten Details der Mikrostrukturen (31) laterale Dimensionen von 5 nm bis 5 mm aufweisen.
9. Lenkvorrichtung nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
20 **daß** die kleinsten Details der Mikrostrukturen (31) laterale Dimensionen von 1 µm bis 1 mm aufweisen.
10. Lenkvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
25 **daß** die Mikrostrukturen (31) eine Dicke von 5 nm bis 1 mm aufweisen.
11. Lenkvorrichtung nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,
30 **daß** die Mikrostrukturen (31) eine Dicke von 100 nm bis 100 µm aufweisen.
12. Lenkvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Mikrostrukturen (31) eine ebene Oberfläche aufweisen und mittels Planarisierungstechnik eingeebnet sind.

13. Lenkvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Mikrostrukturen aus tribologischen Hartstoffschichtsystemen aufgebaut oder mit diesen abgedeckt ist.
14. Lenkvorrichtung nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Hartstoffschichtsysteme Einzelschichten oder Multilagenschichten aus TiN und/oder TiAlN und/oder TiCN-Schichten und/oder Aluminiumoxid-Schichten und/oder amorphe diamantartige Kohlenwasserstoffschichten mit und ohne Metalldotierung und/oder amorphe CN-Schichten und/oder kubische Bornitridschichten und/oder Diamantschichten sind.
15. Lenkvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Sensoren (35) in Form einer Zeile und/oder eines Arrays angeordnet sind.
16. Lenkvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Sensoren (35) optische Sensoren sind.
17. Lenkvorrichtung nach Anspruch 16,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Sensoren (35) optische Glasfasersensoren sind.
18. Lenkvorrichtung nach Ansprüche 17,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Sensoren (35) faseroptische Doppel- oder Mehrfachsensoren sind.

19. Lenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Sensoren (35) Magnetsensoren sind.

5 20. Verfahren zur Herstellung einer Lenkvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

10 **daß die Mikrostrukturen auf der Lenkwelle (20) oder der mit der Lenkwelle kraftschlüssig verbundenen Einrichtung unter Anwendung von Dünnschichttechniken erzeugt werden und daß die Strukturierung mit photolithographischen Techniken erfolgt.**

21. Verfahren nach Anspruch 19,

dadurch gekennzeichnet,

15 **daß die Dünnschichttechnik eine PVD- und/oder CVD-Technik ist.**

22. Verfahren nach Anspruch 20 oder 21,

dadurch gekennzeichnet,

20 **daß die Mikrostrukturen durch ein Trockenätzverfahren und/oder naßchemisches Ätzverfahren ausgebildet werden.**

23. Verfahren zur Herstellung einer Lenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 19,

dadurch gekennzeichnet,

25 **daß die Mikrostrukturen mit einer Laserstrahltechnik hergestellt werden.**

24. Verfahren nach Anspruch 23,

dadurch gekennzeichnet,

30 **daß die eingesetzte Laserstrahltechnik ein direktschreibendes Laserablationsverfahren und/oder ein laserlithographisches Verfahren und/oder ein direktwirkendes maskenbezogenes Laserstrukturierungsverfahren ist.**

Zusammenfassung

- 5 Eine Lenkvorrichtung für Fahrzeuge besitzt eine Lenkwelle (20), einen Sensor (35) zum Feststellen der Lenkwellenbewegung und eine Schaltung (40) zur Auswertung der Meßsignale des Sensors (35). Ferner sind auf der Lenkwelle (20) und/oder einer mit der Lenkwelle kraftschlüssig verbundenen Einrichtung
- 10 kodierte Mikrostrukturen (31) vorgesehen. Ein Sensor (35) detektiert die Mikrostrukturen (31) und gibt zugeordnete Meßsignale ab. Einer elektronischen Schaltung (40) werden die Meßsignale des Sensors (35) zugeführt. Sie gibt elektronische Signale zur Steuerung der Lenkung ab.

Fig. 1

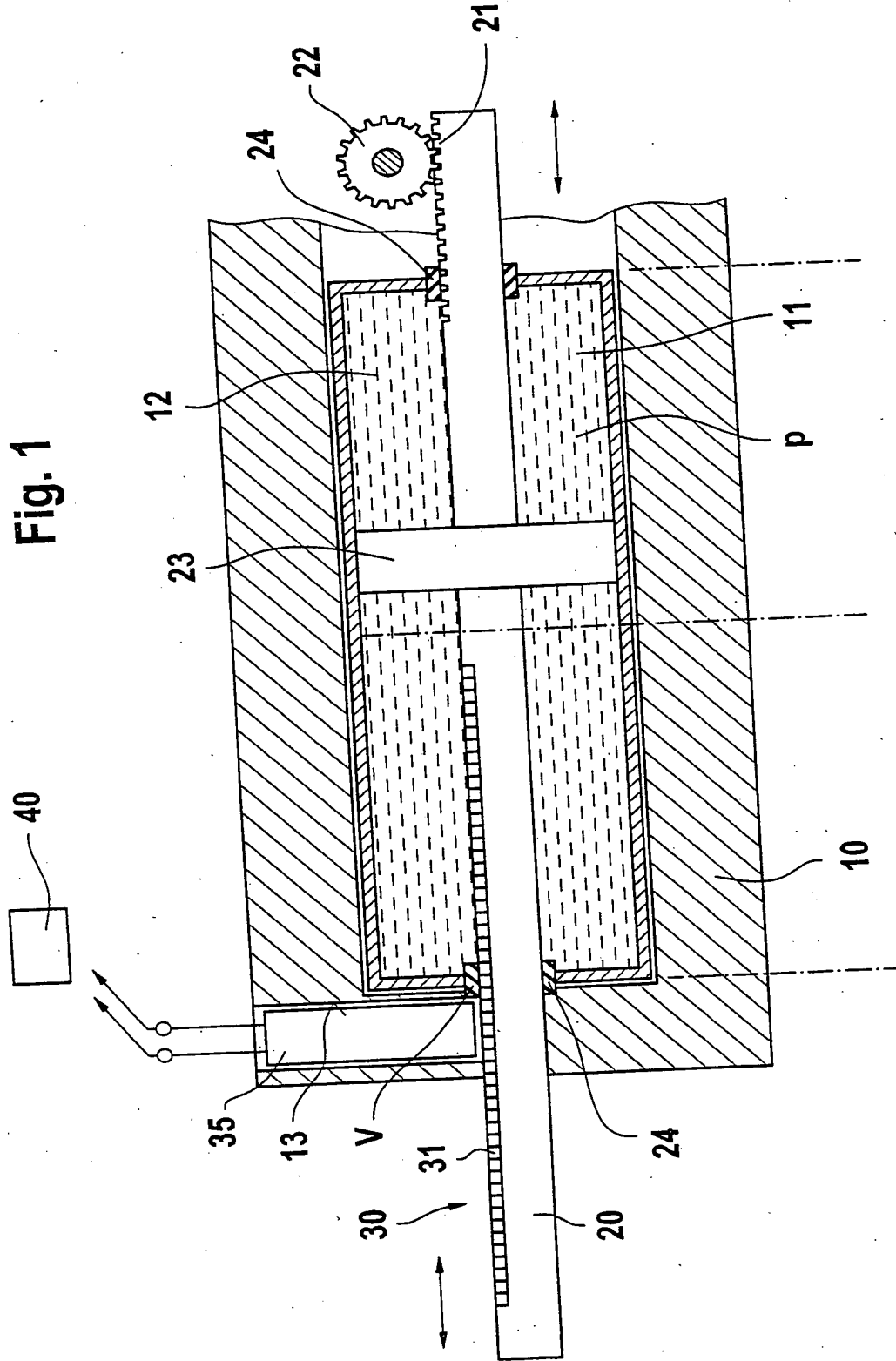


Fig. 3

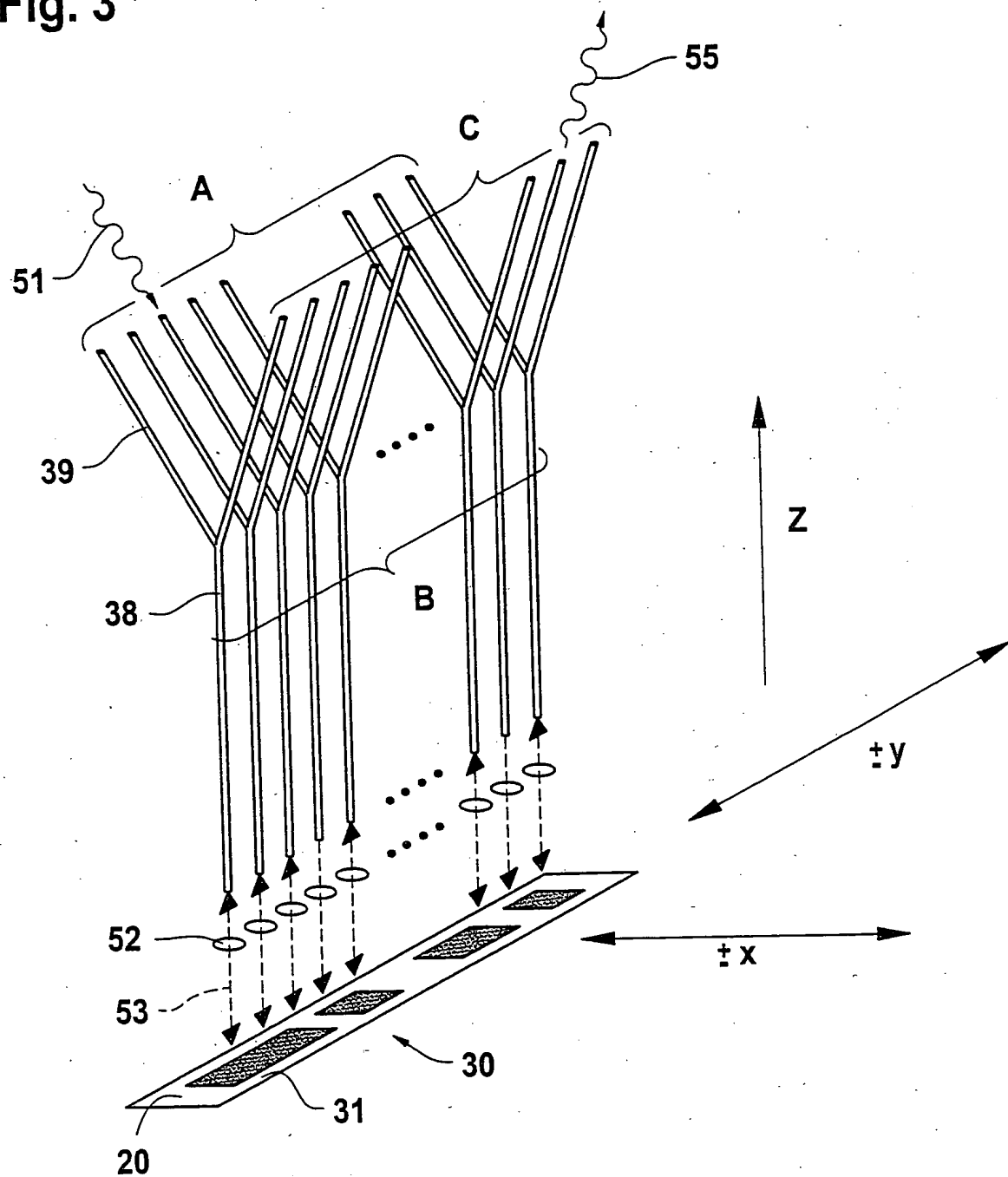


Fig. 4

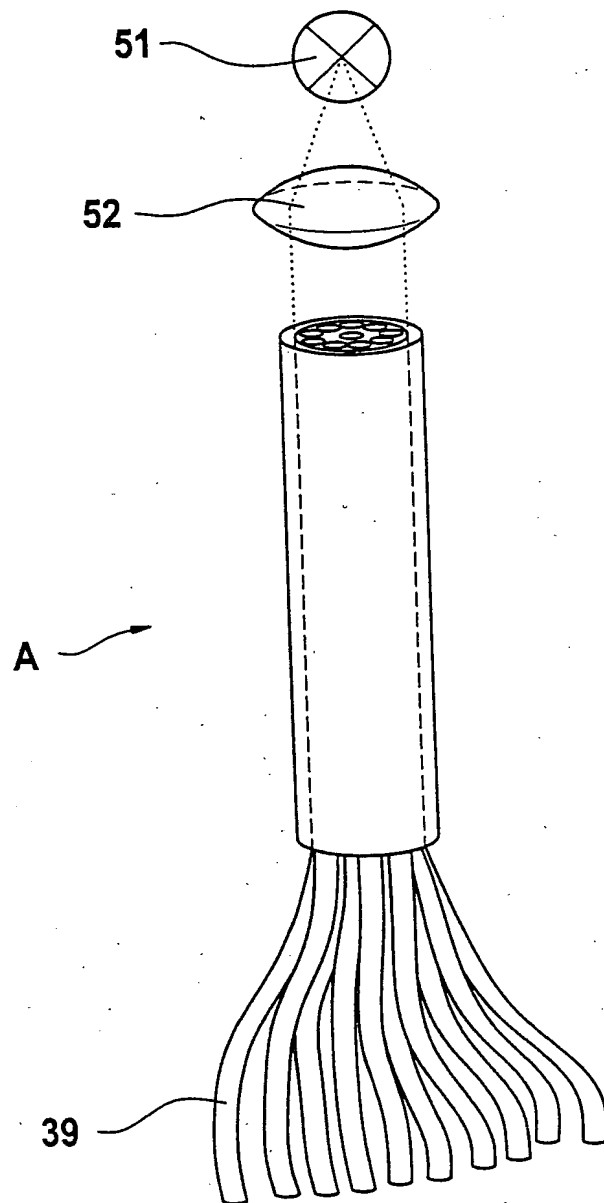


Fig. 5

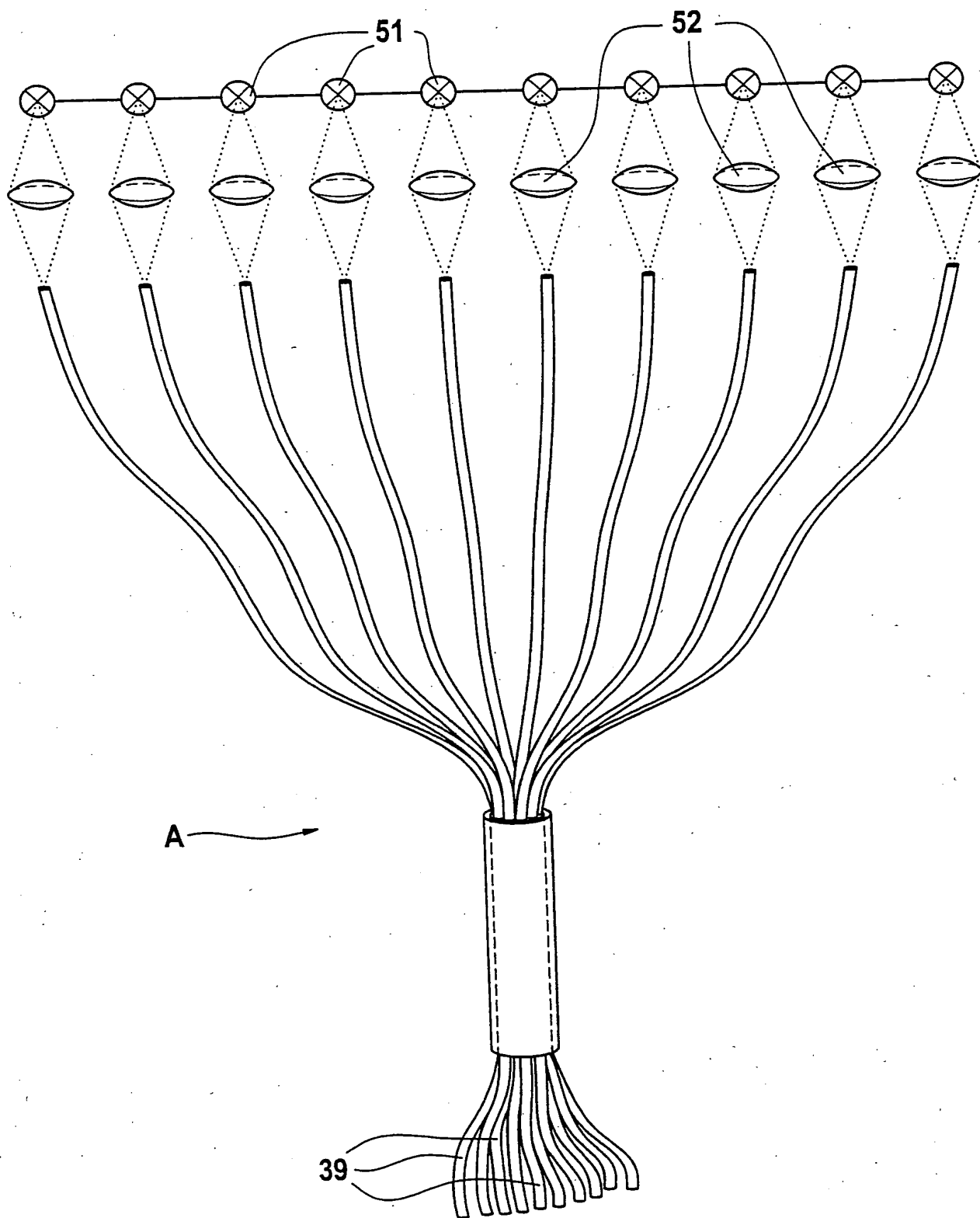


Fig. 6

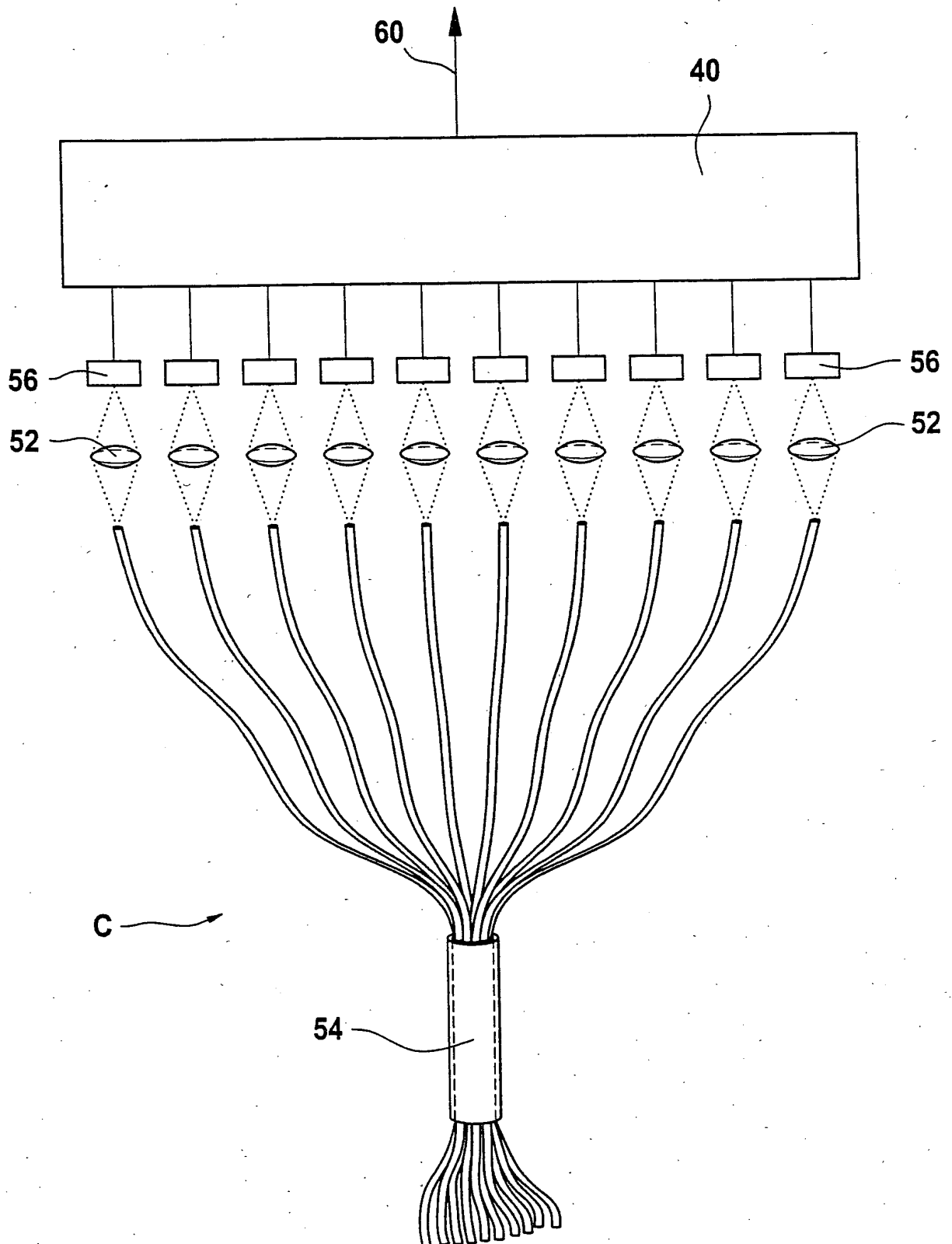


Fig. 7

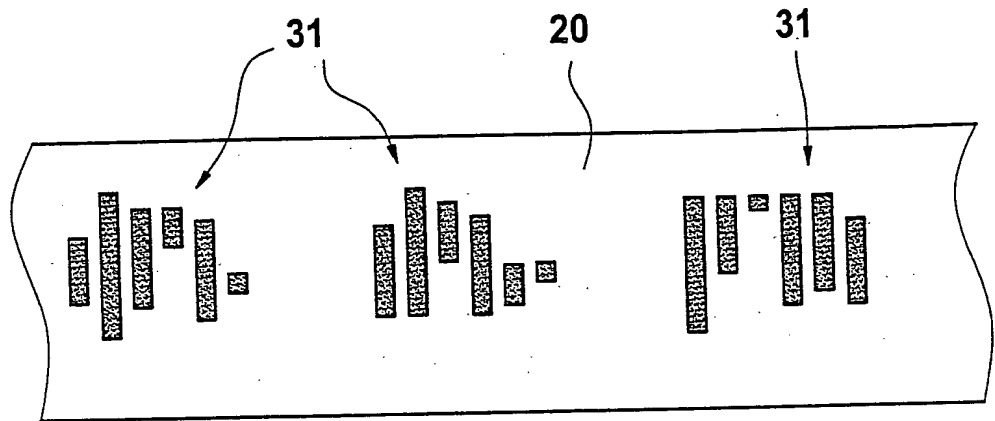


Fig. 8

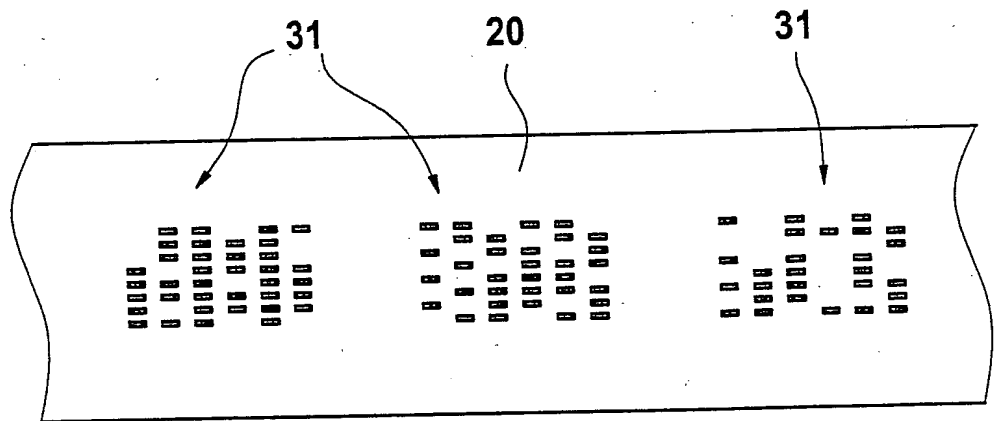


Fig. 9

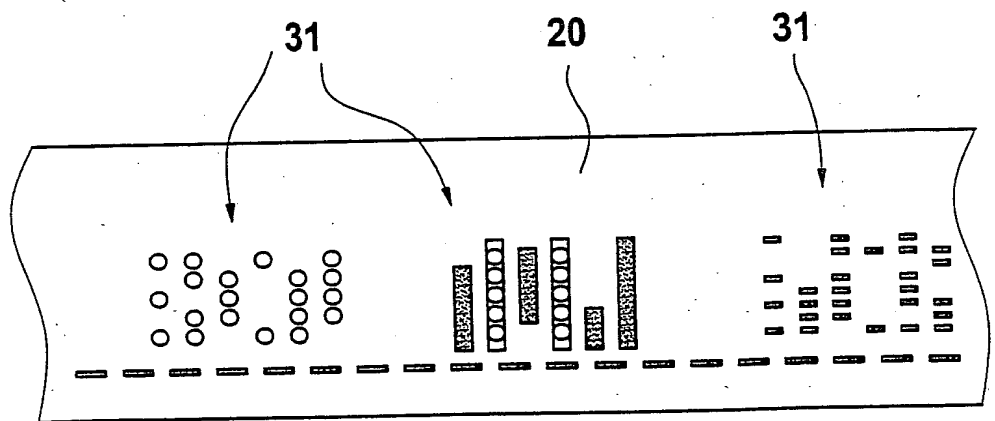


Fig. 10

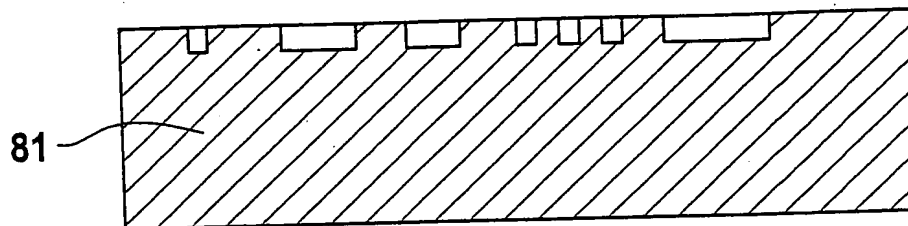


Fig. 11

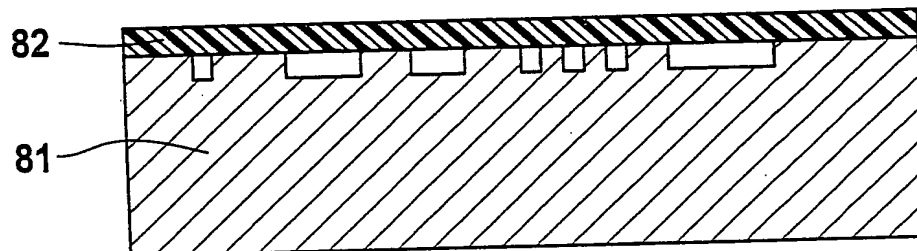


Fig. 12

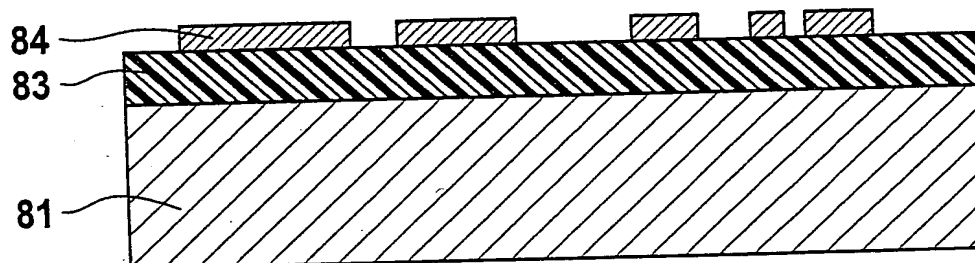


Fig. 13

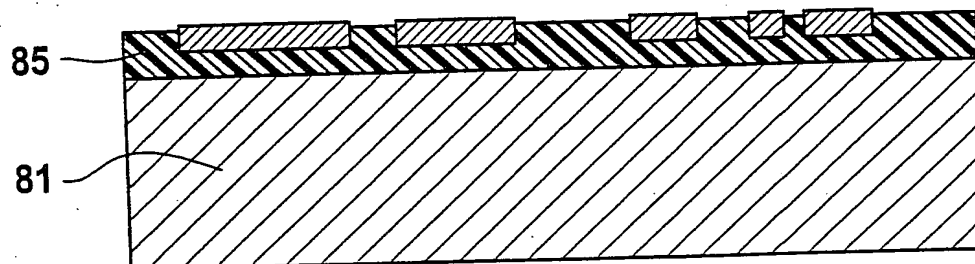


Fig. 14

